

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



ESCUELA UNIVERSITARIA
POLITÉCNICA

CURSO BÁSICO de CARTOGRAFIA

ALMADEN, 14-15 y 16 de ENERO 1985

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID.



ESCUELA UNIVERSITARIA
POLITECNICA

CURSO BASICO de CARTOGRAFIA

ALMADEN, 14-15 y 16 de ENERO 1985

Introducción:

El Ingeniero Técnico de Minas debe conocer la cartografía existente en el mercado, así como su manejo.

Para realizar una explotación minera, la investigación de un yacimiento o cualquier obra civil de envergadura hay que consultar los mapas geológicos, geotectónicos o topográficos. Los mapas topográficos sirven de base para la cartografía en temas específicos, en ellos, vienen indicados los caminos y vías de acceso a los lugares de interés, el relieve y las poblaciones y otros datos de geografía política y económica. Hasta para una cosa tan simple como es el desplazamiento por carretera solemos llevar un mapa.

Dado el interés que tienen estos conocimientos en todos los sectores de la vida económica se ha organizado este curso, tratando de mostrar, los tipos de cartografía existentes, así como su génesis y aprovechamiento.

Programa:

Lunes-14

19,00 horas.

- Conferencia inaugural sobre: "Situación actual de la Cartografía".

D. Julio Cesar Aparicio Tolosa.

Ingeniero Topógrafo.

Presidente del Colegio de Ingenieros Técnicos Topógrafos.

20,00 horas.

- "Ejecución y utilidad de la cartografía geológica".

D. Octavio Puche Riart.

Ingeniero de Minas.

Profesor de la Escuela Universitaria Politécnica de Almadén.

Martés-15

19,00 horas.

- "Confección de un mapa".

D. Julio Cesar Aparicio Tolosa.

Miércoles-16

19,00 horas.

- "Apoyo geofísico a la cartografía geológica".

D. Luis Mansilla Plaza.

Ingeniero Técnico de Minas.

Profesor de Investigación Minera de la E.U.P. de Almadén.

20,30 horas

- "Mesa redonda sobre cartografía".

Relación de participantes:

D. Valentin Matarredona Rayo.
D. José Maria Iraizov.
D. Jesús Ortega.
D. José Manuel de la Cruz Gomez.
D. Urbano Viñuela.
D. Juan José Sanchez Inarejos.
D. Emiliano Almansa Rodriguez.
D. José Felix Sanchez Megias.
D. Justo Moyo Osorio.
D. Hermenegildo Montes.
D. Manuel Montes.
D. Luciano Ortiz Barba.
D. Patricio Hidalgo Moyano.
D^a M^a Angeles Silvestre.
D. Felix de la Cruz Gomez.

LA CARTOGRAFIA ESPAÑOLA EN LA ACTUALIDAD

Por

Julio César Aparicio Tolosa

Ingeniero Técnico en Topografía

Gerente de Phosbe

Presidente del Colegio Oficial de

Ingenieros Técnicos en Topografía

tada por un gran número de pueblos navegantes en la antigüedad, fenicios, griegos, romanos, e incluso árabes, circunstancia que hizo que la Península Ibérica figurara en todos los mapas y cartas del mar Mediterráneo, mar donde se inició la cultura y el saber occidental.

Por otra parte hay que considerar el espíritu aventurero del pueblo español, materializado en múltiples gestas de descubrimientos y conquistas, lo que implica obligatoriamente la necesidad de una cartografía.

Así los catalanes y mallorquines figuran entre los maestros de los mapas portulanos en unión de los italianos. Una de las obras culminantes de la cartografía portulana, es el magnífico atlas catalán realizado en Mallorca en el siglo XV.

España es un país de tradición cartográfica, por una parte su magnífica situación geográfica cerrando el Mediterráneo, dio lugar a que fuera visi-

Dentro de las escuelas de cartografía que surgen en Europa en el siglo XV y XVI, la española ocupa una posición destacada, no sólo directamente.

no a través de escuelas como la holandesa, país perteneciente a España.

Pero quizá en esta época la aportación de España a la cartografía hay que buscarla fundamentalmente en su trega al conocimiento de la Tierra a través de los grandes viajes y descubrimientos geográficos.

Los hechos son incuestionables y acentuados en la historia de la cartografía mundial:

El descubrimiento de las Américas 1492.

La primera vuelta al mundo 1519-1522, demostrando definitivamente la esfericidad de la Tierra, la inmensidad del Océano Pacífico, etc...

Pero sin lugar a dudas el momento culminante de la cartografía española está en los siglos XVIII y XIX:

Jorge Juan y Antonio de Ulloa en 1735 forman parte de la expedición al Perú para la realización de la medida del arco de meridiano, que vendría a demostrar que la verdadera forma de la Tierra era un elipsoide de revolución, teoría defendida por Isaac Newton, en contra de Cassini que mantenía el criterio de una Tierra con un diámetro norte-sur mayor. Esta expedición a pesar de sus múltiples problemas humanos y técnicos, supuso un rotundo éxito científico para España.

Tomás López 1731-1802, es autor de un verdadero atlas español, compuesto por un mapa de España y un conjunto de mapas detallados de todas las provincias españolas.

Vicente Tofiño 1732-1795 a quien se debe el gran atlas marítimo español.

Francisco Coello de Portugal y Quésada 1822-1890, director de la primera escuela especial para la formación de topógrafos, autor de gran número de mapas, fundador de la Real Sociedad Geográfica, existente aún en la actualidad.

- **Juan Domingo Fontán**, autor de la Carta geométrica de Galicia.
- **Carlos Ibáñez de Ibero** e **Ibáñez de Ibero**, general, marqués de Mulhacén, primer director del Instituto Geográfico y Estadístico y autor de las famosas reglas con las que se midió la base central de la red geodésica española en 1859, y de otros muchos países y que le supuso el reconocimiento científico de toda Europa.

Sin olvidar la cartografía realizada en las Américas.

Desde 1750, y despertado por las continuas guerras imperialistas, comienza a surgir en Europa la necesidad de la creación de centros geográficos militares que cubran la demanda de mapas precisos y detallados para sus fines belicistas.

Posteriormente surgirán los Institutos Geográficos Civiles, unos como transformación de los anteriores, y otros de nueva creación.

En cuanto a lo que España se refiere, nuestra organización cartográfica actual es la siguiente:

- **CONSEJO SUPERIOR GEOGRAFICO**. Creado por ley de 12 de julio de 1940 y que tiene como misiones principales las de examinar y proponer las normas necesarias para orientar y coordinar todos los estudios y trabajos encaminados a la ejecución de los mapas y cartas necesarias para la defensa nacional, para estudios y trabajos científicos y técnicos y para toda clase de aplicaciones jurídicas, sociales y económicas, necesarias para el progreso nacional; distribuir convenientemente los trabajos entre los diferentes organismos para evitar posibles repeticiones de los mismos; formular y proponer con la antelación necesaria el plan conjunto anual de trabajos geográficos a realizar por los Centros y Organismos representados en el Consejo; dirigir y mantener la formación de un Registro

neral de Cartografía en el que figuran las publicaciones cartográficas tanto oficiales como particulares, y otras misiones secundarias relacionadas con la cartografía.

Consejo Superior Geográfico dependiente del Ministerio de la Presidencia del Gobierno y está compuesto por representantes de todos los Organismos oficiales españoles que realizan cartografía, presididos por el Director General del Instituto Geográfico Nacional.

INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. El 1.º de septiembre de 1870 se reorganizaron por decreto los Servicios Estadísticos a cargo de la Dirección General del ramo de Negociados Especiales y se crea el Centro que se denominaría Instituto Geográfico.

El 19 de junio de 1873 se suprimió la Dirección General de Estadística y se encomendaron todas las atribuciones señaladas a la misma al Instituto Geográfico y Estadístico, dependiente del Ministerio de Fomento.

El 27 de abril de 1877 se aprobó por el Decreto el reglamento del Instituto Geográfico y Estadístico que define como misiones:

1. La determinación de la forma y dimensiones de la Tierra de acuerdo con la Asociación Geodésica Internacional

2. Nivelaciones de precisión para obtener puntos de partida en las nivelaciones ordinarias, y observaciones para determinar el nivel medio de los mares

3. Triangulaciones topográficas

4. Planos topográficos para la formación de mapas

5. Catastro y su conservación

6. Publicación del mapa general del territorio y de otros trabajos cartográficos

7. Determinación y conservación de

los nuevos tipos del metro y del kilogramo, cooperando a la ejecución del Convenio Internacional de Pesas y Medidas

8. Formación de los censos de personas y de cosas y demás estadísticas especiales e internacionales

9. Y todos los trabajos geodésicos, topográficos, cartográficos, catastrales, meteorológicos y estadísticos que el gobierno le encomienda.

Desde entonces el I.G.N. ha pasado por diversas organizaciones y ha pertenecido a distintos ministerios. En la actualidad pertenece al Ministerio de la Presidencia del Gobierno.

* PUBLICACIONES:

1. 1:50.000. En el año 1875 se publicaba la primera hoja a escala 1:50.000, era la 559 (Madrid). En 1968 se publicaba la 1.125 (San Nicolás de Tolentino).

Este mapa está compuesto de 1.106 hojas de 20' x 10', se inició en proyección poliédrica o policéntrica, datum Madrid, elipsoide de Struve.

En la actualidad, desde 1970 se emplea la proyección U.T.M., datum europeo, origen de longitudes Greenwich y elipsoide de Hayford, a siete colores y con una equidistancia de 20 m.

2. 1:25.000.

Las mismas características del 1:50.000, equidistancia de curvas 10 m.

3. 1:200.000.

Proyección U.T.M., elipsoide internacional, ocho colores, equidistancia de curvas 100 m., se inició su confección para dar base

* En la conferencia fueron proyectadas disposiciones de la cartografía de cada Organismo.

geográfica a otros mapas.

.. **Conjuntos regionales.**

Igual características del 1:200.000 (diversas escalas)

.. **1: 500.000.**

- Mapa de Europa serie 1.404 con división internacional; proyección Lambert.

- Conjuntos Provinciales

.. **Otras publicaciones.**

.. 1:1.000.000 proyección Lambert, tipo O.A.C.I.

.. Atlas geográfico compuesto de láminas geográficas y láminas temáticas.

.. Mapas temáticos: Geomagnéticos
Sismoestructura
les

Gravimétricos

.. Mapa Nacional topográfico parcelario 1:2.000 y 1:5.000.

.. Colaboraciones con otros organismos.

➤ **SERVICIO GEOGRAFICO DEL EJERCITO.**

En el año 1810 se crea el depósito de la guerra con la misión de recopilar toda la cartografía existente y a partir de 1846 la de confeccionar itinerarios militares; será en 1847 cuando se le encomiende el levantamiento del mapa de España. El 5 de junio de 1859, por la Ley de Medición del Territorio, se decreta que los trabajos topográficos en curso pasen a depender de la Comisión Nacional de Estadísticas, continuando los Cuerpos de Estado Mayor, Artillería e Ingenieros el levantamiento de la Red Geodésica del país. En 1865 se publicaba el primer mapa oficial de España, era el "mapa militar itinerario" compuesto de veinte hojas.

En la actualidad este Organismo se sigue denominando Servicio Geográfico del Ejército y pertenece al Estado Mayor del Ejército de Tierra.

El S.G.E. viene realizando cartografía ininterrumpidamente desde su fundación hasta la actualidad con la colaboración de la Agrupación Obrera y Topográfica.

Por razones obvias vamos a detenernos en la nueva cartografía militar declarada reglamentaria desde el Decreto 2.992/68.

PUBLICACIONES

Características Generales.

Elipsoide Hayford,

Proyección U.T.M.

Cuadrícula U.T.M.

Colores siete

Numeración por filas y columnas

Escalas Publicadas.

1:5.000 serie V (equidistancia
(2m.

1:10.000 ... serie 2V (equidistancia
(5m.

1:25.000 ... serie 5V (equidistancia
(10m.

1:50.000 ... serie L (equidistancia
(20m.

1:100.000 .. serie C (equidistancia
(40m.

1:200.000 .. serie 2C (equidistancia
(100m.

1:400.000 .. serie 4C (equidistancia
(200m.

1:800.000 .. serie 8C (equidistancia
(400m.

Otras Publicaciones.

Fundamentalmente la serie A.M.S. a escala 1:50.000.

➤ **INSTITUTO HIDROGRAFICO DE LA MARINA.**

En la segunda mitad del siglo XVIII, los trabajos hidrográficos obtenidos anteriormente se reúnen en el llamado Depósito Hidrográfico, dependiente del Ministerio de Marina, y más tarde denominado Servicio Hidrográfico de la Armada, integrado en la Dirección General de Navegación y Pesca, dependiente del mismo Ministerio. En 1933 este servicio se

pasado al Instituto y Observatorio de la Marina en San Fernando.

El Instituto Hidrográfico de la Marina fue creado como organismo del Estado Mayor de la Armada, por ley del 30 de diciembre de 1943, separándolo del Instituto y Observatorio de la Marina de San Fernando, del que había formado parte hasta entonces.

El I.H.M. es un organismo de la Armada, de interés público, nacional e internacional, cuya misión es velar por la seguridad de la navegación en sus aspectos de obtener y difundir información sobre la mar y el litoral.

Entre sus cometidos figuran los levantamientos hidrográficos y el estudio del relieve submarino en las costas y zonas marítimas y todos aquellos trabajos geográficos de interés para la marina; la elaboración de cartas náuticas y redacción de libros y documentos de ayuda a la navegación.

PUBLICACIONES

- . Cartas de Puertos.
Escala superior a 1:25.000
- . Cartas de Aprox. de.
Escala 1:25.000
- . Cartas de navegación costera.
Escala 1:50.000 a 1:200.000
- . Cartas de Arrumbamientos.
Escala de 1:200.000 a 1:3.000.000
- . Cartas generales.
Escala de 1:3.000.000 a 1:30.000.000
- . Cartas Decca.
- . Cartas Loran.

Además de estas publicaciones de índole cartográfico existen otras muchas relacionadas con la navegación.

- CENTRO CARTOGRAFICO Y FOTOGRAFICO DEL AIRE. Fue creado por decreto de 9 de marzo de 1951, sustituyendo a la quinta sección del Estado Mayor que atendía las necesidades cartográficas y fotogramétricas del Ejército del Aire.

Entre otras muchas tiene las siguientes misiones:

- . Desarrollar las técnicas fotográficas, fotogramétricas y cartográficas relacionadas con la aviación.
- . Confección de cartografía aeronáutica.
- . Realización de trabajos fotográficos.

PUBLICACIONES

- . Carta aeronáutica de la Península Ibérica.
Escala 1:1.000.000 (4 hojas)
Proyección Lambert
Con las normas de la O.A.C.I.
- . Carta aeronáutica de la Península Ibérica y Canarias.
Escala 1:2.000.000
Proyección Lambert
- . Carta de aproximación y aterrizaje.
- . Guía del piloto para alta y baja cota.

- INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA. El I.G.M.E. cuya denominación actual fue acordada por Real Decreto de 7 de enero de 1927 continuó las misiones encomendadas a la "Comisión para formar la Carta geológica del terreno de Madrid y reunir y coordinar los datos para la general del reino", creada por Decreto de 12 de julio de 1849 publicado en la Gaceta de Madrid.

Entre sus múltiples misiones vamos a detenernos en las publicaciones cartográficas que realiza:

PUBLICACIONES.

• Escala 1:50.000.

- * Mapa geológico nacional 1ª serie a extinguir
- * Mapa geológico nacional 2ª serie MACNA
- * Mapa de Orientación de Vertido de residuos sólidos y urbanos
- * La isla de Tenerife se está realizando en la serie MACNA a escala 1:25.000

• Escala 1:100.000.

- * Geológico de islas (Canarias)
- * Geológico de algunas provincias

• Escala 1:200.000.

- * Síntesis geológica
- * Metalogénico
- * Geotécnico General
- * Rocas Industriales
- * Geológicos provinciales

• Escala 1:1.000.000.

- * Mapa geológico de la Península Ibérica y Baleares año 1980
- * Sismoestructural de la Península Ibérica, Baleares y Canarias
- * Tectónico de la Península Ibérica y Baleares
- * Vulnerabilidad a la contaminación de los mantos acuíferos
- * Mosaico fotográfico de la Península Ibérica e Islas Baleares (s. LANDSAT)
- * Mapa de Lineamientos (superponible)

• Escala 1:1.500.000.

Esta colección consta de 17 hojas referidas a diversas sustancias (Diapositiva oro).

Como características generales, hay que decir que todos los mapas del I.G.M.E. se adopta la distribución de hojas a las establecidas por el I.G.N. en cada escala, además de llevar cada mapa una memoria descriptiva de las características.

- INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFIA. Creado en 1914 por Real Decreto del

Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes, pasó; sucesivamente a depender de los Ministerios de Marina, Fomento y desde 1963 a Comer-

En la actualidad es un organismo autónomo de la Administración del Estado adscrito a la Subsecretaría de la Marina Mercante.

Constituye su misión principal el estudio de las condiciones físicas, químicas, dinámicas y biológicas de las aguas del mar.

PUBLICACIONES

Utilizando el soporte geográfico de la cartografía náutica realizada por el Instituto Hidrográfico de la Marina edita mapas temáticos y cartas de pesca.

- MINISTERIO DE AGRICULTURA. El mapa agronómico nacional dependiente del Ministerio de Agricultura, fue creado en 1940 encomendando su dirección al presidente del Consejo Agronómico.

En el plan de trabajo del mapa agronómico nacional se destacaron desde su fundación dos finalidades:

• La publicación de cartografía con las características de suelos y cultivos, apoyándose en las hojas del mapa topográfico nacional 1: 50.000, con memoria explicativa en la que aparecerían todos los estudios y estadísticas realizados.

• La publicación de estudios agro-comerciales varios y de monografías de cultivos interesantes.

En la actualidad depende de la Dirección General de la Producción Agraria, Subdirección General de Producción vegetal.

PUBLICACIONES

Entre las muchas publicaciones realizadas destacaremos:

• Mapa de Cultivos y Aprovechamien-

los escala 1:50.000

Mapa de Clases Agrológicas escala 1:50.000

En ambos casos estos mapas se publican con memorias descriptivas y con una distribución de hojas basada en el mapa topográfico nacional.

• España agroalimentaria

Dentro del Ministerio de Agricultura y como organismo autónomo, está ICONA, Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza, cuyas publicaciones principales dentro del aspecto cartográfico son las siguientes:

- Mapas comarcales de suelos
- Parques Nacionales
- Mapa de Precipitaciones

- M.O.P.U.

PUBLICACIONES CARTOGRAFICAS:

- Guía de carreteras escala 1:400.000
- Mapa de carreteras escala 1:800.000
- Mapa de tráfico de autopistas
- Mapa de tráfico

- CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS.

Dentro de las múltiples publicaciones del Consejo existe un gran número de ellas de aspecto cartográfico, entre las que caben destacar:

- Mapa escala 1:500.000 de términos municipales
- Mapas de suelos provinciales

Para terminar, quisiera indicar que España se encuentra totalmente incorporada a últimos avances científicos y tecnológicos experimentados en el mundo de la cartografía, la topografía, la fotogrametría, etc. España está participando en los proyectos especiales últimos y de forma especial, en la comercialización y análisis de las imágenes procedentes del satélite francés SPOT que será lanzado en el presente año.

A pesar de lo dicho, España presenta un marco de publicaciones cartográficas deficiente, porque, evidentemente, quedan muchos aspectos por cubrir dentro de la cartografía temática, atlas, mapas escolares etc.

Afortunadamente, la nueva distribución política española llevará implícita la de la cartografía, tanto geográfica como temática. Por ello, confiamos en que, a breve, podamos contar con una cartoteca nacional acorde con un país europeo desarrollado. Muchas gracias.

- FEDERACION ESPAÑOLA DE MONTAÑA.

Perteneciente al Consejo Superior de Deportes, esta Federación en coordinación con el Instituto Geográfico Nacional, viene realizando publicaciones sucesivas de los principales macizos montañosos españoles:

- Guadarrama, Sierra Nevada, Gredos, Picos de Europa, Montaña de Soria, etc...

- SECRETARIA DE ESTADO DE TURISMO.

Dicho organismo realiza sistemáticamente todo tipo de guías, folletos y mapas encaminados al fomento del turismo.

- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA.

- Mapa de precipitaciones

- ENTES AUTONOMICOS.

- Castilla-León 1/500.000

- DIPUTACIONES.

- Barcelona 1/200.000
- Lugo 1/200.000
- Valencia

- AYUNTAMIENTOS.

- Madrid (Gerencia Municipal de Urbanismo)
- Madrid (Delegación de transportes)
- 1/500, PLANOS DE POBLACION

Estado actual de la
cartografía geológica.

Introducción a la
elaboración de mapas.

Octavio Puche Riart.
Profesor de Geología.
Almadén 1984.

INTRODUCCION.

Ante la creciente demanda de materias primas y recursos energéticos, cada vez mas escasos, toda sociedad moderna debe hacer un importante esfuerzo de busqueda que encontrará un importante soporte en la cartografía geológica.

Los mapas hidrogeológicos, geotécnicos, metalogénicos, etc. facilitan el correcto desarrollo de amplios sectores de la vida económica. ¿ En cuantas ocasiones la agricultura, industria o minería necesitan hacer uso de esta documentación ?. Podemos asegurar que a menudo. La explotación racional de acuíferos, la busqueda de un determinado mineral o la construcción de cualquier obra civil de cierta importancia son un claro ejemplo de ello.

Ciertamente, la cartografía geológica es una HERRAMIENTA BASICA para el progreso de los pueblos. Por tanto, tiene que ser asequible y accesible, no debiendo permanecer exclusivamente en manos de las compañías de investigación mineras o de hidrocarburos, por lo menos en líneas generales, tendiendo a convertirse en un servicio público útil a toda la comunidad.

Lo ideal sería que cada nación contara con un SERVICIO GEOLOGICO, capaz de dar vida a esta empresa, realizando las funciones recopiladora, coordinadora, normalizadora y administradora de la documentación geológica, obteniendo como resultado finalmente una cartografía que abarque todo el territorio nacional, suministrandola según la demanda del mercado.

La escala 1:50.000 es muy propicia para establecer una cartografía general, ni es muy local ni abarca una zona excesiva y a partir de ella se pueden establecer mapas a escalas menores o seleccionar zonas favorables e ir a escalas mayores.

HISTORIA DE LA CARTOGRAFIA GEOLOGICA EN ESPAÑA.

La geología en general y la cartografía geológica en particular aparecen como ciencias auxiliares de la minería. Los Ingenieros de Minas, sin menoscabo a los compañeros de otras profesiones, tenemos que estar orgullosos de esta herencia histó-

rica, prosiguiendo honradamente el abnegado esfuerzo de nuestros predecesores.

Los primeros mapas geológicos regionales se publicaron en los "Anales de Minas", el año de 1838, al estilo de sus homónimos "Annales des Mines" franceses. Cuatro años mas tarde se vería esta labor enriquecida con la edición del "Boletín Oficial de Minas".

En 1849, el general D. Francisco de Luxan era nombrado presidente de la naciente Comisión del Mapa Geológico. D. Casiano de Prado, eminente figura de la geología española y vocal de dicha institución, realizó numerosos trabajos cartográficos, entre otros el primer mapa geológico de la región de Almadén, durante los tres años que antecedieron a 1855.

La Comisión desarrollo su labor hasta 1910, año en que se transformaría en el Instituto Geológico de España. El trabajo creativo realizado hasta esta época fue impropio, destacando la publicación del primer Mapa Geológico Nacional a escala 1:2.500.000, en 1850, bajo la dirección de D. Joaquín Ezquerro de Bayo. En 1862 se imprimió el primer Mapa Provincial con texto explicativo. En 1893, se editó la primera hoja del Mapa Geológico de la Península Ibérica a escala 1:400.000, obra de D. Manuel Fernández de Castro; el texto asociado lo redactaría D. Lucas Mallada de 1855 a 1911, no existiendo hasta el momento otra explicación geológica que haga referencia al país en conjunto (en 1932, hubo un intento de compendiar los conocimientos geológicos asociados a la cartografía, no llegando a fraguar mas que en dos tomos, uno sobre rocas metamórficas y otro sobre rocas hipogénicas de la Península, así como en el estudio de los pisos cambriano y siluriano, quedando el resto de los temas pendiente).

El Instituto Geológico nace en un intento de modernización de las instituciones mineras. Rapidamente comenzaría la publicación de una variada cartografía: Aparecen las Hojas Provinciales a escala 1:200.000 y prosigue la elaboración del Mapa de España a 1:400.000. En 1919 surgirían las hojas a 1:50.000 con su texto correspondiente. Luego vinieron los mapas a escala 1:500.000 y a 1:1.000.000.

En 1971, con el II Plan de Desarrollo Económico y

Social, en concreto con el Programa Nacional de Iniciación a la Minería, comenzó el Proyecto MAGNA buscando la ejecución de 1.130 hojas a escala 1:50.000, con texto explicativo, que abarcan la totalidad del territorio español.

No puede conseguirse un buen mapa geológico mas que - después de sucesivas aproximaciones; urgía pues, una renovación de lo ya publicado. La discusión y la polémica tienen importancia a la hora de su perfeccionamiento. Hasta entonces - se había realizado un trabajo individualizado, centrado en una hoja, hacía falta un trabajo coordinado. Con el Proyecto MAGNA se ejecutan sincrónicamente grupos de hojas colindantes, pasando luego a discutir los resultados los distintos equipos - cartográficos; esto trae consigo una depuración de errores interpretativos y la perfecta conexión entre los mapas.

Hay que mencionar la labor de D. Marcelo Rey Jorensen gestor de la programación, control y archivo de la documentación MAGNA, que permite al público disponer de los datos recopilados en este gran Proyecto. También es digno de consideración el trabajo llevado a cabo por el resto del equipo que redundó en los resultados y rentabilidad de este proyecto.

El aumento en la prospección petrolera, como consecuencia de la Ley de Hidrocarburos de 1.958, aportaba un cúmulo - importante de datos procedentes de la ejecución de sondeos. El carácter confidencial de esta investigación no impide que los conocimientos adquiridos puedan ser utilizados, al menos en gran medida. Todo esto redundó en un enriquecimiento de las fuentes cartográficas, así como en una mejora del producto final.

En 1.970, el I.G.M.E. realizó una síntesis de la cartografía existente a escala 1:200.000, publicando las 87 hojas que comprenden nuestro territorio, labor que acabó en 1.973.

En 1.977 se inicia la confección del Mapa Geológico - Nacional 1:1.000.000., publicándose en 1.980. Esta cartografía es el resultado del ensamblaje de las hojas de síntesis a -- 1:200.000.

Para finalizar la labor 1:50.000 del Proyecto MAGNA -- queda ya poco tiempo.

A partir de 1.936 surgen numerosos mapas de aplica--

ción a temas concretos, en diversas escalas: Minero y Geológico, Geológico e Hidromedicinal, Vulcanológico, Geotécnico, Metalogénico, etc., no dudando que en un futuro no muy lejano abarquen otros campos de la geología.

EJECUCION DE UN MAPA GEOLOGICO.

La elaboración de un mapa geológico es una labor rotativa de gabinete y campo, así como de laboratorio, realizada por un EQUIPO. Este, estudia la documentación relativa a la zona a cartografiar, dedicandose fundamentalmente a la OBSERVACION del medio natural en sucesivas salidas al campo, como consecuencia de esto viene la INTERPRETACION de los fenómenos observados y por último, la PROYECCION de los caracteres geológicos asimilados.

La acción de campo depende fundamentalmente de la topografía y de la disposición estructural, factores generalmente relacionados.

Para realizar los diversos itinerarios de reconocimiento y recogida de muestras, necesitamos una BASE DE PARTIDA, esta la constituyen los mapas topográficos, fotogrametría y antecedentes cartográficos.

En España disponemos de una cobertura topográfica completa a escala 1:50.000 y en algunas zonas de interés a 1:25.000. En zonas donde los relieves topográficos son acentuados, como ocurre frecuentemente en nuestra Península, el mapa 1:50.000 se vuelve insuficiente, necesitandose uno a escala mayor. En nuestro país tenemos la suerte de tener una cartografía topográfica que pese a estar publicada a 1:50.000 está ejecutada a 1:25.000, reduciendola luego, a la hora de imprimirla, a la mitad. El Instituto Geográfico Nacional podría suministrar copias de estas hojas en la escala mayor.

Cuando se carece de documentación topográfica y fotogramétrica es recomendable estalecer, previamente al trabajo cartográfico, una base de partida. El geólogo deberá confeccionarse su propio mapa mediante triangulación o cualquier otro método topográfico.

Los mapas topográficos nos aportan información estructural, litológica y de textura, datos siempre útiles en la confección del mapa. Por ejemplo; la simple observación de la red de drenaje nos permite en muchos casos determinar la litología de la zona o llegar a conclusiones tectónicas

Para realizar un buen trabajo es importante disponer de las fotografías aéreas pertinentes. La fotogrametría es una herramienta que, como un ojo de águila, nos permite recorrer el campo por itinerarios insólitos sin salir del gabinete, facilitándonos el trabajo en regiones de vegetación densa, aunque donde produce mayor utilidades en zonas de gran aridez, sobre las que podemos observar más detenidamente los contactos estratigráficos

Mediante la fotografía aérea determinaremos las posiciones estructurales y buscaremos las vías de acceso que nos permitan acceder a las zonas de interés. También obtendremos valiosa información sobre el relieve, vegetación, textura, etc., que nos pueden poner de manifiesto los tipos de rocas existentes y los agentes que han actuado sobre ellas.

Las posibilidades de información general que proporciona la fotografía aérea son superiores a las que podemos adquirir siguiendo itinerarios terrestres. Por ejemplo, mediante el mosaico fotogramétrico podremos apreciar cambios de coloración del suelo debidos a la presencia o ausencia de determinada flora, existencia de humedad o cambios de litología.

Los datos obtenidos en los fotogramas se llevan al mapa topográfico. El siguiente paso es la preparación de los cortes geológicos, generalmente siguiendo direcciones normales a las grandes estructuras o a los contactos. Los itinerarios seguidos deben posibilitar, de manera eficaz, la observación de los estratos y la toma de muestras.

Sobre el terreno se realizan mediciones más correctas que en los fotogramas, tanto de direcciones y buzamientos, con brújula y clinómetro, como de las potencias de las capas, con cinta métrica o altímetro. Con el estereoscopio de campo - apreciamos sobre la fotografía aérea los caracteres geológicos que vamos observando en la naturaleza y que habían pasado desapercibidos en el estudio previo.

La investigación petrográfica se realiza en el campo, mediante el reconocimiento de visu de minerales y rocas, y en el laboratorio, mediante el análisis químico de muestras y observación al microscopio de láminas transparentes.

La recolección de fósiles sobre el terreno y los estudios micropaleontológicos, unidos a criterios litológicos, sedimentológicos, etc., permite establecer la estratigrafía.

El plano topográfico de la zona nos permitirá situar con exactitud, entre las líneas de nivel, los contactos entre las diversas formaciones geológicas.

El número de salidas al campo tiene que ser máximo. La asimilación de las características geológicas de la zona es gradual y cada salida aportará datos nuevos.

Los proyectos cartográficos realizados deberán constar de los siguientes puntos:

1. Memoria

- 1.1. Alcance del proyecto

- 1.2. Antecedentes

- 1.3. Conclusiones

- 1.4. Definición de las bases de partida

- 1.5. Método de ataque

- 1.6. Desarrollo del proyecto

- 1.6.1. Rasgos de geografía física

- 1.6.2. Estratigrafía y paleontología

- 1.6.3. Tectónica

- 1.6.4. Historia Geológica

- 1.6.5. Geología Económica

- 1.7. Definición y especificación de la solución propuesta

- 1.8. Bibliografía

2. Presupuesto

3. Pliego de condiciones

4. Planos

- 4.1. Plano de situación

- 4.2. Plano de ~~toma~~ de muestras

- 4.3. Mapa geológico

- 4.4. Leyendas litoestratigráfica y cronoestratigráfica

- 4.5. Cortes geológicos
- 4.6. Otros mapas
- 5. Anexos

NUEVAS TECNICAS CARTOGRAFICAS

A partir de 1972, se desarrolló la fotogrametría de satélites, desde entonces ha habido cinco lanzamientos: LANDSAT 2 y 3, SEASAT, NIMBUS-7 y HCM. El proceso de captación de imágenes es idéntico al de otros tipos de fotografía, consiste en recoger, concentrar y registrar la radiación solar reflejada. Estas fotografías se conocen como IMAGENES LANDSAT y son recogidas por un analizador de barrido multi-banda. Las bandas espectrales son cuatro: 4-verde, sobre la que se observan bien las redes de drenaje; 5-rojo, resalta la topografía y la estratigrafía, siendo la banda de mayor utilidad en la confección de mapas geológicos; 6-IR, comparte las características de la 5 y la 7; 7-IR, destaca los cambios de vegetación. Este tipo de fotografías ha puesto en evidencia numerosas estructuras geológicas que pasaban desapercibidas a las fotografías aéreas.

Otras técnicas se basan en la detección de la intensidad de energía irradiada, térmica o microondas, por los distintos componentes de la superficie terrestre. La energía emitida es recogida por un "scanner" o analizador a bordo de un satélite (NIMBUS-7 y HCM), procesándose y dando como resultado las imágenes pertinentes.

El sistema de radar sobre satélite se basa en el envío de un haz de microondas oblicuo a la superficie terrestre, captando posteriormente la radiación reflejada y sintetizando una imagen a partir de ella. En 1978 funcionó el primer radar orbital sobre el satélite SEASAT y hasta el momento solo ha vuelto a emplearse durante el segundo vuelo del Columbia, sobre el que iba instalado el Shuttle Imaging Radar-A, SIR-A, durante 1981. Este sistema resalta características locales

que no son bien captadas por las imagenes LANDSTAT, esto se debe a que las microondas traspasan la cubierta vegetal y en algunos casos la litológica, siendo así este sistema de gran utilidad en cartografía de zonas pantanosas, arqueología, hidrogeología, etc. Para este año está previsto lanzar el SIR-B.

CARTOGRAFIA SUBMARINA.

Los primeros perfiles topográficos de los fondos marinos se obtuvieron con el BATOMETRO, instrumento que se instalaba sobre un barco al que se hacia recorrer un camino preestablecido, geólogos buceadores tomaban muestras y medían rumbos e inclinaciones, en zonas profundas la recogida de datos se efectuaba con sondas recolectoras de fragmentos del suelo.

El desarrollo de los METODOS GRAVIMETRICOS y en particular las mediciones desde satélites han puesto en evidencia los grandes accidentes tectónicos que jalonan el Globo: dorsales, zonas de subducción, fallas transformantes, etc. y han permitido efectuar mapas topográficos con precisión. Otros métodos geofísicos: magnéticos, sísmicos, etc., son también de gran utilidad para el conocimiento de la edad, composición y posición de los elementos que componen el fondo oceánico.

El SONAR es un instrumento emisor-receptor de ondas de baja frecuencia, constituyendo una sonda de ecos penetrante en los sedimentos marinos. En los años cincuenta se creó el SONOPROBE, aparato de sonar con el que se realizaron numerosos estudios del fondo del mar. En la última década se ha desarrollado el sonar de bandas múltiples: SEABEAM, SEAMARC, etc., que posibilita la obtención de relieves profundos con gran precisión.

Aparatos sumergibles de diversos tipos han hecho factible la toma de muestras, fotografía y puesta en evidencia de numerosas características submarinas.

En España Hay un programa de cartografía submarina a cargo del I.G.M.E. bajo la denominación de FOMAR, fondos marinos.

BIBLIOGRAFIA.

- ALLUM, J.A.E., Fotogeología y cartografía por zonas. Paraninfo. 1978. Madrid.
- BENNISON, G. M. Introduction to geological structures and maps. Edward Arnold Ltd. 1971.
- ELADI, C. Imágenes de radar de la Tierra desde el espacio. Inv. y Cien., nº77, pp. 20-29. Feb. de 1983. Barcelona.
- GARZON HEYDT, M.G. Metodología de la cartografía geomorfológica. Beca España (Geología) Fción. Juan March. 1976. Madrid.
- MENARD, H.W. & others. Underwater mapping by diving geologist Bull. Assoc. Am. Petrol. Geol., V. XXXVIII, pp. 129-147, En. de 1954.
- RENGERS, E. New developments in engineering geological mapping using aerial photographs. Reprinted from the I.T.C. Journal, 1983.
- ROBERTS, J.L. Introduction to geological maps and structures. Pergamon Press. 1982.
- UNESCO. Guide pour la preparation des cartes geotechniques. 1976

recciones etc., vamos a ceñirnos al M. T. N., escala 1/50.000, que es el mapa base la cartografía española.

El primer problema que se plantea es el establecimiento de una serie de puntos fijos por todo el territorio nacional, con una señalización permanente en el terreno.

La Red Geodésica Española.

Definición.— La Red Geodésica Española está constituida por una serie de puntos fijos distribuidos por todo el territorio nacional.

Estos puntos convenientemente elegidos, forman una malla continua de triángulos, cuyos vértices están enlazados entre sí por observaciones angulares recíprocas, y de distancia en determinados puntos, con el fin de dotarlos de coordenadas.

El organismo encargado de la Red Geodésica Española y de su mantenimiento es el Instituto Geográfico Nacional (I. G. N.).

Finalidad.— La finalidad de una Red Geodésica es el establecimiento físico de una infraestructura estable que permita la realización de cualquier tipo de trabajo cartográfico, manteniendo siempre un mismo origen en las coordenadas X, Y, Z.

Por lo dicho, la Red Geodésica forma parte de manera básica de la información geográfica.

Datos de Referencia.—

GEOIDE.— El estudio de la Tierra bajo un aspecto matemático, implica la necesidad de determinar una superficie ideal, como plano de comparación independiente de la figura real definida por los mares y los continentes.

Se llega, pues, a la necesidad de introducir un contorno medio definido por la superficie de los mares en reposo prolongada por debajo de los continentes, y sujeta tan solo a la acción de la gravedad.

Esta forma, así reseñada es lo que se define como Geoide.

ELIPSOIDE.— La forma matemática más semejante a ese hipotético Geoide, es el Elipsoide de revolución; por ello, en una sencilla aproximación, se adoptará como figura de la Tierra un elipsoide de revolución, girando alrededor del eje menor de la elipse meridiana.

DATUM.— Se llama Datum de una Red Geodésica, al vértice en que se hacen coincidir (tangentes), el Geoide y el Elipsoide, y se realizan observaciones astronómicas de alta precisión, obteniéndose coordenadas λ y φ (longitud y latitud), así como el ~~ACTIVO~~ de uno de los lados de la Red concurrentes en él. En este punto, las coordenadas astronómicas y geodésicas (procedentes de las observaciones de ángulos y distancias), son las mismas.

TEMA DE LA CONFERENCIA: - Mapa Topográfico Nacional
- Cartografía del IGN.

Creo que a muchos se nos ha ocurrido alguna vez preguntas ¿Cómo se hace un mapa?.

La historia de los mapas es mas antigua que la historia misma, entendiéndose como tal, la documentación escrita de los hechos pasados.

En todos los tiempos, los hombres han sentido la necesidad de plasmar gráficamente los lugares de sus actividades. No obstante, como es lógico, la historia de los mapas ha pasado por infinidad de momentos y de formas. Hasta llegar a este mapa han sido necesarios muchos siglos.

Los hitos más importantes en la historia de la cartografía son:

- La aparición de la brújula a finales del siglo XII.
- El hallazgo de la Geografía de PTOLOMEO.
- La aparición de la imprenta.
- Los grandes descubrimientos geográficos.
- Los nuevos conceptos científicos: COPELTON

WEPPIER

CALTEPO

SURELLIUS

NEWTON

CASTNET, etc.

El concepto del mapa moderno, es decir, tender a la realización de - cartografía a gran escala, ceñida a países concretos, surge en la Academia de Ciencias de PARIS, en el año 1.666, con el PABRE PICARD, al - iniciar un mapa experimental a escala 1/86.400, de los alrededores de la capital francesa.

La ambición materialista de los países europeos da lugar a guerras - casi continuas, lo que origina una gran demanda de Cartografía detallada y precisa donde planear las grandes batallas. A partir de 1.750, comienzan a surgir los SERVICIOS GEOGRAFICOS MULTIPLES.

Un buen ejemplo de ello es el interés de NAPOLEON por la cartografía y su gran proyecto de realizar un mapa 1/100.000 en toda Europa.

En cuanto a España se refiere, en el año 1.810, se crea el DEPOSITO DE GUERRA, hoy denominado Servicio Geográfico del Ejército, pertenece al Estado Mayor; en el año 1.870 se crea el Instituto Geográfico y Estadístico, hoy I.G.N., perteneciente a la Presidencia del Gobierno. (Red Geodésica, Mapa T. N.º).

¿Pero, cómo se hace un mapa?.

Dada la gran variedad de mapas, escalas, tipos de información, pro-

Hasta 1.950, los datos de referencia de la Red Geodésica Española fueron los siguientes:

ELIPSOIDE STRUVE
ORIGEN DE LONG (MERIDIANO 0) MADRID
DATUM MADRID

A partir de esa fecha, y con el objeto de proceder a una compensación conjunta de las redes geodésicas europeas, se adoptaron como nuevos datos de referencia los siguientes:

ELIPSOIDE HAYFORD
ORIGEN LONG (MERIDIANO 0) GREENWICH
DATUM POSTDAW

Proyecto y Señalización.-

Los vértices de la Red Geodésica Española actual se clasifican en - 2 órdenes:

- Red de primer orden (N.R.P.O.) estará formada por un total de unos 600 puntos distribuidos por todo el territorio, con una equidistancia - media de unos 40 km.

- Red de orden inferior (R.O.I.) estará constituida por unos 12.000 vértices extendidos por toda la geografía nacional con una equidistancia promedio de unos 10 kms.

El proyecto de la actual Red Geodésica Nacional, tiene a ceñirse lo más posible al diseño realizado el siglo pasado (1.958-1.924).

En cualquier caso, el emplazamiento de los vértices o señales fijas deberá cumplir una serie de condiciones básicas:

- Establecimiento de figuras geométricas triangulares cuyos ángulos en los vértices sean lo mayor posible.

- Equidistancias medias apropiadas en función del orden de que se trate.

- Perfecta visibilidad desde cada vértice de todos los colindantes para la realización de las observaciones posteriores.

Estas condiciones, deberán coordinarse con las características del terreno, topografía, vegetación etc. Así mismo, en el proyecto, se deberán tener en cuenta la situación de las medidas de bases, observaciones astronómicas de primero y segundo orden, enlace con la red de nivelación de alta precisión, etc.

Puntos Laplace.-La progresiva desorientación de las redes geodésicas de N.R.P.O., da origen a la necesidad de observaciones astronómicas de campaña que definan acimutes geodésicos de precisión, que sirvan de control en los grandes bloques de triángulos. Estos acimutes reciben el nombre de ACTMUTES LAPLACE.

El criterio en cuanto al número y distribución de estas observaciones astronómicas ha sido variable, pero en España ha predominado el de establecer como mínimo un punto Laplace en las cruces de las antiguas cadenas de triángulos de meridianos y paralelos.

En la actualidad, el número aproximado de puntos astronómicos de primer orden es de unos 30.

Medidas de bases.- Similar a lo dicho en el apartado anterior, en lo concerniente a la progresiva desorientación de las redes geodésicas, podría decirse en lo relativo a la paulatina deformación de escala, que se produce al aumentar el número de triángulos en los bloques geodésicos.

Esto exige la medida de bases o lados de la red de orden N.º.º.º. directamente, mediante la utilización de distanciómetros electrónicos, que garanticen la distancia con una precisión acorde con la red de primer orden.

Cálculo y Precisiones.- Como se ha dicho, las redes geodésicas están formadas por un canavás de puntos distribuidos de forma regular por toda la geografía. Estos puntos están enlazados y relacionados por medidas de ángulos y distancias, obtenidas en el terreno. Todos estos datos han de ser corregidos y reducidos al nivel del mar antes de someterse al cálculo, ya que dichos datos no van a corresponder a la superficie del globo, sino a la superficie que se ha tomado de referencia matemática, es decir, al elipsoide adoptado.

El gran problema de las primitivas redes geodésicas era la compensación y cálculo de las mismas; así por ejemplo, el primer intento de compensación de la red básica de cadenas de España en el año 1.873, exigía la resolución de un sistema de 753 ecuaciones de condición, lo que era totalmente inabordable. En 1.924, al aumentar la red con el primer orden complementario, el número de ecuaciones a resolver pasó a 2.349.

Lo dicho, lleva a la conclusión de que los problemas de cálculo y compensación de una red geodésica nacional exigen la presencia de modernos ordenadores y de programas adecuados de cálculo realizados por geodestas, geógrafos, topógrafos e informáticos.

Nivelaciones de Alta Precisión.- La coordenada Z es un parámetro fundamental de la información geográfica, cuya obtención se realiza mediante las nivelaciones geodésicas de alta precisión.

- La red nacional de nivelación de Alta Precisión.

Definición.- La red de nivelación de alta precisión está compuesta por una serie de puntos fijos distribuidos por todo el territorio

nacional, y situados, preferentemente, a lo largo de las líneas de ferrocarril, carreteras, etc. La ubicación de las señales suele hacerse en edificaciones significativas y estables: iglesias, ayuntamientos, puentes, estaciones de ferrocarril, etc.

Estas señales están enlazadas por líneas de doble nivelación.

El organismo encargado de la red de nivelación de alta precisión y de su mantenimiento es el I.C.N.

Finalidad.- Es el establecimiento de una malla de puntos o infraestructura estable de señales con una altitud homogénea y precisa referida a un mismo plano de comparación (nivel medio del mar en Alicante).

Una de las misiones de esta red es el dotar de altimetría a los vértices de R.O.I.

Todo el sistema permite el mantenimiento de un origen único de ∇ para cualquier tipo de trabajo topográfico y cartográfico: por tanto, puede decirse que la red de nivelación de alta precisión forma parte de la información geográfica.

Resumen de los trabajos efectuados hasta la actualidad.- El primer proyecto de nivelación de precisión N.P. se inició en España en el año 1.870 con la instalación de un mareógrafo en el puerto de la ciudad de Alicante, con la finalidad de obtener el nivel medio del mar y considerarlo como punto de partida de la N.P., con una altitud de 0 m.

La red de N.P. se inició en 1.871 y se terminó en 1.925; se componía de 92 líneas con una longitud de 16.211 km. y un total de 18.025 señales.

Simultáneamente con la señalización y observación, se instalaron diversos mareógrafos por las costas españolas.

En ese mismo año de 1.925, se iniciaron los trabajos para la realización de una red de nivelación de alta precisión N.A.P., en la que se emplearon equipos más modernos y normativas de observación y cálculo que dieran una mayor calidad y precisión.

Esta red quedaba concluida en 1.975 pero lamentablemente puede considerarse que durante los 50 años que duró la realización de los trabajos de campo, desaparecieron un porcentaje elevadísimo de señales, por ello fué preciso que ese mismo año iniciara el I.C.N. la reconstrucción y observación de la nueva red de nivelación de alta precisión N.N.A.P., teniendo, no solo a mejorar las precisiones obtenidas en N.A.P., sino a intentar establecer una red definitiva y estable con señales permanentes que garanticen su continuidad.

- Proyecto y Señalización.

El proyecto de N.N.A.P. tiende a ceñirse lo más posible al trazado de N.A.P., pero en cualquier caso, debe de tener en cuenta una serie de condiciones:

- Itinerarios por detalles planimétricos, ferrocarriles, carreteras, etc, de no fuerte tráfico rodado, para evitar la desaparición de señales.
 - Establecimiento de polígonos cerrados, con tramos de longitud limitada en función de las tolerancias exigidas y por tanto de las normas de observación.
 - Elección de construcciones estables para la fijación de señales.
 - Considerar que desde los clavos de N.N.A.P. se dará altitud posteriormente a la P.O.T.
 - Considerar los campos magnéticos para evitar lecturas erróneas
 - Etc.
- Cálculo y Precisiones.

Terminadas en el año 1.975 las observaciones de la red N.A.P., se procedió a una compensación de conjunto de la misma, obteniéndose un error medio cuadrático de 1,87 mm/km.

La red de N.N.A.P., se ha iniciado con nuevo instrumental y siguiendo unas normas más escrupulosas de observación, por lo que se supone se obtendrá una precisión superior. Con relación al cálculo, nos remitimos a lo dicho en el apartado referente a la necesidad de utilización de ordenadores y programas de cálculo y compensación adecuados, realizados por personal especializado: geodestas, geógrafos, topógrafos.

PROYECTO CARTOGRAFICO.

- Elección de la proyección adecuada (ver ANEXO 1).
- Escala a elegir. (1/50.000)
- División del territorio en hojas.
- Criterio de numeración.
- Coordenadas de esquinas de hojas.

Con una red de puntos fijos y una proyección elegida, se inicia la fase de obtención de los datos precisos para dibujar sobre las hojas la información necesaria. Como se sabe, en la actualidad, esta fase se realiza por Fotogrametría, por lo tanto será conveniente la redacción del pliego de condiciones técnicas que deberá cumplir el vuelo fotogramétrico:

- Escala apropiada.
- Proyecto por hojas.

- Horizontalidad.
- Tipo de película.
- Objetivo.
- Focal.
- Etc.

La decisión en la elección de la escala y en general las condiciones del vuelo deberán de ir subordinadas a la finalidad del mapa, sin olvidar las posibilidades de fotointerpretación para la realización de una posible cartografía temática.

Realizado el vuelo apropiado se efectuará el anexo fotogramétrico correspondiente, para lo cual será necesario, al igual que el caso anterior, establecer las prescripciones técnicas pertinentes, que garanticen la homogeneidad de criterio en los trabajos de campo y la obtención de las precisiones adecuadas. En la actualidad se tiende a utilizar el método de aerotriangulación para la obtención de un gran número de puntos de apoyo, dado que reduce considerablemente el tiempo de los trabajos de campo y por tanto los costos. Los modernos programas de compensación por bloques garantizan la precisión adecuada de las coordenadas obtenidas.

No es necesario indicar que las coordenadas de los vértices de la posible red de cuarto orden y de los puntos de apoyo, deberán necesariamente estar referidos a todo el sistema adoptado:

- Datum.
- Elipsoide.
- Redes geodésicas.
- Red de nivelación.
- Proyección cartográfica.

Restitución fotogramétrica y Revisión.-

La fase de la restitución fotogramétrica es muy importante desde el punto de vista de la información, dado que fotografiar el terreno lleva implícito tener en el restituidor una copia exacta del original (el terreno), será preciso establecer criterios muy claros de selección, no hay que olvidar que el operador va a dibujar el mapa, y por tanto, es conveniente que tenga unos conceptos muy claros de la información que deberá plasmar en la minuta, por ello resaltamos la necesidad de establecer, en función de la finalidad del mapa, y de la escala final de publicación, los criterios a seguir. Hay que pensar que esta fase es la equivalente a la que realizaba el topógrafo cuando los datos eran tomados por topografía clásica; y que si bien es cierto que luego existirá

una revisión de campo, las minutas deberán ser homóneas, dado que cada una de ellas forma parte de un conjunto que será el mapa final.

Es importante destacar que actualmente la restitución fotogramétrica podrá realizarse de una forma gráfica, en restituidores analógicos, o numerizada, en restituidores analíticos o analógicos asistidos por un ordenador. Lo importante de esta fase es considerar que terminado el proceso, se habrá obtenido una minuta con la información base que figura en el mapa posterior, bien gráficamente o almacenada en disco.

La revisión de campo tendrá dos funciones bien diferenciadas:

- La revisión de lo dibujado en las minutas, suprimiendo o agregando todo aquello que se considere oportuno. Será interesante hacerse - con toda la documentación posible sobre las variaciones realizadas en la zona desde que se efectuó el vuelo.
- La obtención de la toponimia correspondiente. Hoy se está desperdiciando un profundo interés por el estudio del origen, significado y evolución de los nombres propios de regiones y realidades geográficas. Nos gustaría destacar la importancia de la riqueza toponímica y el enorme peligro de érida, en caso de no reflejarse adecuadamente sobre los mapas la información fidedigna. Sabemos la dificultad de obtener esta información veraz y auténtica, pero es un tema que requiere un evidente esfuerzo, y en muchos casos una verdadera labor de investigación. De todos es conocido el anecdotario toponímico de M.T.N. 1:50.000.

Diseño Cartográfico.-

Siguiendo con el proyecto cartográfico pasamos a la fase del diseño, tema que cada vez tiene más importancia dado el aumento experimentado en la difusión de la cartografía. El mapa no debe de ser un documento feo y poco atractivo, por el contrario, debe ser un documento agradable y de fácil uso.

- Formato exterior.
- Plegado.
- Portada.
- Distribución de la información.
- Etc.

deberán ser cuidadosamente estudiados. Quisiera llamar la atención sobre el magnífico diseño de las publicaciones del I.C.V. francés, perfectamente pensados y estructurados en función de las necesidades de los usuarios.

Redacción Cartográfica.-

Una vez obtenidas las minutas revisadas de campo, se inicia un proce-

so fundamental y del que va a depender, que parte de las cualidades del mapa sean correctas o no; nos referimos a la redacción cartográfica. Para la realización de esta fase será preciso tener presente una serie de circunstancias:

- Fin del mapa.
- Presupuesto.
- Técnicas a emplear.
- Usuarios previsibles.

En la redacción cartográfica habrá una serie de pasos:

- Selección de la información a representar, no solo de la plasmada en las minutas restituidas, sino de la obtenida en el campo y de la procedente de fuentes documentales.
- Cambio de escala y generalización. Frecuentemente la minuta procedente del restituidor será realizada a una escala mayor que la de edición, al objeto de beneficiarse en la precisión de una reducción fotográfica. Esto lleva implícito un cambio de escala, y en algunos casos, si la diferencia es importante, una generalización de la minuta, dado que la simple reducción fotográfica no es válida.

Como se sabe, la generalización comprende 3 operaciones:

- .- Una estricta selección de los detalles que deberán o no conservarse.
- .- Una esquematización razonada de las formas y de los trazados.
- .- Una armonización general.
- Estudio de la hidrografía. Establecimiento de criterios y normas para la representación de las aguas:
 - .- Líneas costeras y batimétricas.
 - .- Lagos, ríos etc.
 - .- Canales, acequias.
 - .- Marismas, salinas etc.
- Estudio de la altimetría. Elación de la normativa para la representación del relieve: equidistancia de curvas, sombreado, nogueros, tintas hipsométricas; respetando 2 datos esenciales:
 - .- El valor geométrico y volumétrico de las masas.
 - .- Los caracteres del modelo topográfico.
- Estudio de la planimetría. Definición de normas para la representación de la infraestructura de los elementos de ocupación:
 - .- Vías de comunicación.
 - .- Núcleos de población.
 - .- Límites políticos.
 - .- Etc.

- Estudio de la toponimia. Estudio, clasificación y representación de la toponimia que deba figurar, con una clasificación jerarquizada - de caracteres distintos en forma y dimensión.
- Estudio de la información marginal. Análisis detenido de la información marginal necesaria, en función del uso y de las especificaciones y aclaraciones que se considere oportuno introducir; así como - la información gráfica auxiliar precisa. También deberá estudiarse la información literaria que pudiera acompañar al mapa, tanto en el anverso, como en el reverso.
- Simbología. En todos los casos será necesario un estudio pormenorizado de la simbología del mapa, pensando en las cualidades que deberían reunir para su pronta identificación y asimilación.
- Elección de colores. Será necesario establecer los colores para la representación de cada tipo de información. Esta elección responde normalmente a una serie de acuerdos y convenios más o menos generalizados, reforzados por criterios estéticos dependientes del gusto del cartógrafo responsable de la redacción.

Técnicas Cartográficas. -

Confeccionadas las minutas definitivas, donde se habrá incorporado toda la información obtenida de las fuentes mencionadas, se pasará a la fase siguiente: técnicas cartográficas.

El objeto de esta parte del proceso será la obtención de unos positivos finales, correspondiendo cada uno de ellos a un color; por tanto, se trata, en definitiva, de una separación de colores partiendo - de una minuta policroma. Dentro de esta fase hay dos partes bien diferenciadas: la delineación y la fotomecánica.

Tirada y Plegado.-

De los sistemas de impresión más utilizados:

- Litografía.
- Hecogravado.
- Offset.

Nos referiremos a éste último, dado que es el más utilizado actualmente para la impresión de mapas.

El offset se deriva de la litografía y consiste básicamente en conseguir, por procedimientos fotográficos y químicos, distinguir sobre - la plancha las zonas impresoras de las no impresoras sin relieves ni huecos.

Las planchas suelen ser de cinc, aluminio o bimetalicas, son sensi-

bles a la luz mediante una capa muy delgada de albúmina o gelatina bicromatada. Estas planchas bajo los positivos o negativos finales se exponen a la luz de una lámpara de arco o de mercurio. Después del revelado y del tratamiento químico pertinente, las partes impresoras repelerán el agua, admitiendo la tinta y visceversa con las partes no impresoras.

La impresión en offset se efectúa en máquinas rotativas con una forma flexible, estando durante todo el proceso de tirada las planchas en contacto permanente con una batería de rodillos de entintado y de mojado. Durante el proceso las planchas no imprimen directamente sobre el papel, sino que lo hacen a través de un caucho llamado mantilla.

Terminada la tirada se procederá al plasmado según las normas ya establecidas en la fase de diseño. Con lo que el mapa, podremos decir, - ha quedado terminado y con ello, el proyecto cartográfico.

Actualización.-

Será necesario establecer, seguidamente, el programa de actualización correspondiente, dado que de no hacerlo la información recorrida - se irá quedando obsoleta, con la falta progresiva de utilidad del documento cartográfico editado.

Cartografía asistida por ordenador.-

En la actualidad, se habla continuamente de la cartografía automática o más correctamente de la cartografía asistida por ordenador. No vamos a entrar en el tema, pero quisiéramos simplemente llamar la atención sobre un hecho básico: sea cual sea el grado de automatización, - hay que pensar que todos los sistemas de mecanización son instrumentos al servicio del científico y del técnico, que tienen como misión facilitar la labor de los especialistas, permitiendo, por ejemplo: generar diferentes mapas partiendo de los mismos datos numéricos, o simplificar enormemente el proceso de actualización etc., pero siempre deberá estar subordinado a la ciencia principal "La Cartografía", dado que difícilmente puede mecanizarse o automatizarse algo que no existe, o que existe incorrectamente.

Julio César Aparicio Tolosa
Ingeniero Técnico en Topografía
Gerente de PHOTOP Mapas S.A.

Elección de la Proyección:

Dada la imposibilidad material de representar la tierra sobre un plano sin ser sometida a fuertes deformaciones, debido a su figura elipsoidal, - el proyecto cartográfico se inicia con la elección de la proyección cartográfica más adecuada, en función de la utilidad que se vaya a dar al mapa.

Como se sabe, se entiende por proyección cartográfica la correspondencia matemática biunívoca entre los puntos de la esfera o elipsoide y sus transformados en el plano. Esta correspondencia se expresa en función de las coordenadas geográficas, longitud y latitud de cada punto del elipsoide y sus homónimos en el plano en coordenadas cartesianas.

Podrían hacerse diversas clasificaciones de las proyecciones existentes pero por razones de tiempo, o eludiremos, limitándonos a agruparlas en función de su módulo de deformación.

- Proyecciones automecóicas, que son aquellas cuyo módulo de deformación lineal es 1, por lo que se conservan las distancias.
- Proyecciones conformes, aquellas que conserven los ángulos, por tanto la diferencia de los ángulos medidos es el elipsoide y en el plano es 0.
- Proyecciones equivalentes que son las que conservan las superficies - y por tanto el módulo de deformación superficial es 1.
- Proyecciones afiláticas, que no siendo ni conformes, ni equivalentes tienden a que las deformaciones sean mínimas.

La elección del sistema de proyección es una decisión difícil, que depende de diversas variables. La razón fundamental que determinará la proyección a elegir será el fin del mapa. Así, en un mapa donde se vayan a efectuar comparación de superficies se utilizará con preferencia una proyección equivalente. Si sobre el mapa se van, fundamentalmente, a medir ángulos, deberá adoptarse una proyección conforme. Si el dato mayoritario a obtener son las distancias, lo aconsejable será la elección de una proyección automecóica.

Un concepto importante a tener en cuenta es el campo de la proyección. Si se ha adoptado un determinado sistema, por la conveniencia en el uso del mapa, habrá que establecer un límite máximo de deformación en las demás condiciones. La zona máxima cubierta dentro de esos límites de deformación es lo que se denomina campo de una proyección.

Otro factor a tener en cuenta será la configuración del país o zona a representar, su alargamiento en el sentido Norte-Sur o en el sentido Este-Oeste. También es fundamental considerar la posición del territorio en el globo terráqueo, es decir, las coordenadas longitud y latitud.

Puede darse el caso de que la proyección más indicada sea una afiláctica que no cumpla ninguna condición de forma rigurosa, pero que las deformaciones tiendan a ser mínimas, un ejemplo de ello podría ser la proyección poliédrica o policéntrica adoptada por España para el M.T.N. 1:50.000.

Seleccionada una proyección como la más conveniente, se obtendrán las expresiones matemáticas correspondientes que establezcan las relaciones biunívocas entre las coordenadas sobre el elipsoide y las coordenadas sobre el plano.

Apoyo Geofísico a la Cartografía Geológica.

Luis Mansilla Plaza.
Profesor de Investi-
gación Minera E.E.P.A.

Apoyo geofísico a la cartografía geológica.

La geofísica es una parte de las Ciencias Naturales que estudia la tierra en sentido amplio mediante métodos y técnicas desarrolladas por la física.

Como ocurre con otras ciencias, la geofísica se divide en dos partes: geofísica pura y geofísica aplicada. La finalidad de la geofísica pura es la deducción de las propiedades físicas de la tierra y la constitución interna de ésta, a partir de los fenómenos ligados con ella, por ejemplo el campo geomagnético, la fuerza de la gravedad, la propagación de las ondas sísmicas, etc. Por otra parte la geofísica aplicada o prospección geofísica, tiene por objeto la investigación de rasgos o estructuras concretas, relativamente pequeñas y poco profundas existentes dentro de la corteza terrestre. Entre tales rasgos pueden mencionarse sinclinales y anticlinales, fallas, cúpulas salinas (domos), yacimientos mineros, roca firme bajo un recubrimiento, etc.

La investigación de estos rasgos suele ir pareja con problemas prácticos de prospección o búsqueda de toda clase de recursos subterráneos útiles al hombre (agua, petróleo, minerales, etc). En muchos casos la aplicación de la geofísica es el único camino para llegar a la solución de tales problemas.

Los métodos llevados a cabo para la investigación de los rasgos superficiales de la corteza terrestre depende de las propiedades físicas de las rocas que componen dichos rasgos.

Entre las propiedades de la corteza terrestre que pueden razonablemente imaginarse como utilizables en prospección geofísica tenemos: la susceptibilidad magnética, la conductividad eléctrica, la densidad, la elasticidad y la conductividad térmica.

En esencia la prospección geofísica consistirá en la determinación de las variaciones de dichas propiedades sobre la zona de investigación, indicándonos en general los valores anómalos encontrados, la presencia en profundidad de estructuras o acumulaciones minerales que pueden ser de interés.

Estos métodos basados en el estudio de cada una de estas propiedades pueden clasificarse como se indica a continuación:

- Método gravimétrico. Basado en el campo gravífico y estudia la variación de la componente vertical de la gravedad. -- Zonas de gran densidad producen aumentos de la gravedad -- mientras que en zonas de pequeña densidad disminuirá este valor proporcionándonos estas variaciones datos sobre la estructura de la tierra.

- Método magnético. La tierra se comporta como un imán, --- creando el campo magnético terrestre. Midiendo las anomalías locales producidas por el campo magnético terrestre producidas por variaciones en la intensidad de imanación de las rocas se pueden determinar los interiores de la tierra.

- Métodos sísmicos. Consisten en generar ondas elásticas -- (viajan a velocidades diferentes en rocas diferentes), me--

dian te disparos en superficie y detectar el tiempo que tardan en volver una vez reflejadas o refractadas en las discontinuidades entre diferentes rocas permitiendonos deducir la posición de estas.

- Métodos eléctricos. Estan basados en el estudio de los campos eléctricos naturales y artificiales creados en superficie por el paso de una corriente al subsuelo. Las variaciones de las propiedades eléctricas de las rocas pueden proporcionar datos del estado y situación de estas en el subsuelo.

- Otros métodos. Existen otros métodos que no incluiremos en esta clasificación pero que sirven de complemento a cualquier investigación geofísica como són los métodos radiactivos, térmicos, etc.

El campo de aplicación de todos estos métodos enumerados aqui va unido a la propia definición de prospección geofísica que ya hemos visto, encontrandonos con una fuerte aplicación en la búsqueda de sustancias minerales (prospección minera), petróleo (prospección petrolífera), aguas subterráneas, estudio de la geología estructural, estudios de ingeniería civil-arqueología, etc.

La aplicación individual de cada uno de estos métodos a cada uno de los fines expuestos no lleva consigo el existo de la investigación, necesitando para ello el empleo de una metodología adecuada que permite la utilización conjunta de varios de estos para conseguir los objetivos planteados.

Estableceremos dos puntos o condiciones para llevar a cabo una metodología aplicada con existo:

a) El parámetro físico que caracteriza al método en aplica--

ción presente suficiente contraste entre las distintas rocas (factores que definen las posibilidades del método).

b) Condiciones de suficiencia, definidas por la topografía, estructura, profundidad y buzamiento del objetivo, climatología, etc. (factores que definen las limitaciones del método).

Una vez adentrados en el campo de la geofísica y de sus posibilidades vamos a centrarnos de forma particular en la aplicación al estudio y desarrollo de la cartografía geológica, principal objeto de esta conferencia.

Hasta ahora las técnicas cartográficas nos han permitido de forma más o menos perfecta reflejar sobre el papel la superficie terrestre, pero cuando nos adentramos en el estudio de la tierra los geólogos por si solo se ven con medios insuficientes para poder definir de una forma clara la forma que las rocas y estratos presentan debajo del suelo llegando solo a establecer hipótesis que pueden o no guardar relación con la realidad. Es aquí cuando aparece la labor del geofísico -- que complementada con la del geologo pueden llevar con éxito la tarea de la prospección del subsuelo.

La experiencia de los últimos cuarenta años de los diversos estudios geofísicos ha establecido con bastante claridad la utilidad de la aplicación de estos métodos a los levantamientos geológicos a pequeña y gran escala. Así tenemos que la definición de la estructura de la tierra tal como la conocemos hoy en corteza, manto superior, manto inferior y núcleo se formularon a través del estudio de ondas sísmicas. La discontinuidad de Mohorovicic que separa la corteza del manto se detecto por primera vez gracias a su capacidad para reflejar ondas sísmicas.

Los estudios de tectónica de placas tienen un componente muy fuerte de geofísica; mediante métodos geofísicos como el gravimétrico y el magnético se ha podido dibujar con la ayuda de mapas mediante satélites la forma de los distintos picos de las dorsales y el estudio de las zonas de subducción tanto actuales como selladas. En otros casos como el caso de la dorsal del Pacífico en el que no se han podido emplear las mediciones gravimétricas se ha recurrido al empleo de métodos basados en el registro de pulsaciones acústicas de frecuencia muy alta, proyectadas desde un aparato instalado en un barco, o a una profundidad constante dentro del agua uncidos a un barco (sonar). Equipos con grandes -- conjuntos de bandas que se proyectan en forma de abanico a lo largo de una línea perpendicular a la ruta del barco, lo que permite al aparato cartografiar, conforme avanza el barco, una faja del fondo marino de hasta 30 kilómetros de anchura (sonar de visión lateral ASDIC GLORIA).

Otros métodos que han ayudado a este tipo de investigaciones del estudio de los fondos marinos ha sido el método sísmico, mediante el estudio de las distintas ondas elásticas llegando a deducir que la dorsal mesoceánica tiene raíces profundas del orden de centenares de kilómetros.

Ultimamente para estos estudios se está completando la información mediante mediciones electromagnéticas que hasta ahora estaban desechadas de los estudios marinos, empleando como fuente de energía electromagnética un cable aislado -- con los extremos descubiertos haciendo de dipolo eléctrico, detectando el campo creado mediante una serie de receptores situados a una determinada distancia. Con estos estudios se

ha comprobado la diversa conductividad de la corteza terrestre.

En la plataforma continental española tambien se han - realizado estudios cartográficos asentados en métodos geofísicos. La confección de este mapa geológico a escala 1:200.000 del substratum rocoso se realizó utilizando sucesivamente

- perfiles de reflexión continua de potencia media.
- toma de muestras del substratum cada 20 km².

Con los datos observados y las interpretaciones de los sismogramas se llegó a confeccionar el mapa geológico a esta escala, en cierto modo semejante a las hojas del proyecto Magna, pero más rudimentario.

En cartografía terrestre los métodos geofísicos combinados han contribuido al establecimiento de mapas a gran escala con el uso previo de calicatas eléctricas. Mediante estas establecemos el mapa de curvas de resistividades aparentes de la zona. Con la ayuda de este mapa se prepara el mapa de correlación estructural cuyo establecimiento exige -- distinguir previamente las zonas de diferente resistividad -- segun las curvas de resistividad aparente. La confección final del mapa requiere el esquema geológico de la zona y el mapa de correlación estructural.

El empleo de la testificación geofísica dentro de los sondeos ha venido a corroborar los estudios realizados desde la superficie, permitiendo además la observación in situ de las distintas disposiciones de estratos, llegando de esta forma a la confección del corte litológico de la zona.

Como punto final mencionaremos la sistemática seguida en unos estudios geofísicos realizada en la plataforma de Alme--ría.

Objetivos:

- Cartografía geológica de la plataforma continental.
- Localización e investigación de hazards geológicos como fallas activas, zonas de deslizamiento, etc.
- Estudio de las condiciones actuales de sedimentación.
- Cartografía de acuíferos submarinos.

Trabajos realizados:

- Estudio de los trabajos geofísicos realizados tierra adentro, estableciendo la dirección de los perfiles sísmicos que se iban a utilizar mar adentro.
- Campaña de geofísica regional realizando perfiles con sistemas sísmicos a reflexión de penetración intermedia, magnetómetros, batímetros (3.000 km de perfiles).
- Campaña de detalle con los mismos sistemas (2.000 km de perfiles).

Resultados:

Después del proceso de interpretación y con el apoyo geológico necesario se ha llegado a la confección de cortes geológicos y mapas muy ilustrativos que nos muestran las distintas zonas falladas y fosas oceánicas así como la existencia de una cadena sedimentaria terciaria prácticamente aflorante de gran interés petrolífero.

Bibliografía.

- "Geofísica aplicada para ingenieros y geólogos". Griffiths, Kin
Edt. Paraninfo. 1972.
- "La corteza oceánica". Jean Francheteau. Inv. y Cienc., nº 86
pp 58-76. Nov. de 1983. Barcelona.
- "Principios de geofísica aplicada". Parasonis. Edt. Paraninfo
1983.
- "Introduction to geophysical prospecting". Dobrin. Edt. Mcgraw
Hill 3ª edición. 1984.
- "Introduction to geological structures and maps". Benison, G.M.
Edward Arnold Ltd. 1971.

